

УДК 553.41:491(571.61)

## ПЕРСПЕКТИВЫ КРУПНООБЪЕМНОГО БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ВЕРХНЕ-СЕЛЕМДЖИНСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ МАЛОМЫРСКОГО И САГУР-СЕМЕРТАКСКОГО РУДНЫХ УЗЛОВ)

© 2013 г. А. В. Мельников, С. Г. Агафоненко, И. В. Бабичев, Ю. Г. Пискунов, академик В. Г. Моисеенко

Представлено академиком Ю.М. Пушаровским 13.10.2012 г.

Поступило 15.11.2012 г.

DOI: 10.7868/S086956521310023X

### ВВЕДЕНИЕ

В середине 90-х гг. XX в. М.М. Константинов в одной из своих статей отметил своеобразную “революцию в геологии золота”, связанную с более чем десятикратным повышением его цены [1]. Это было вызвано валютным кризисом и в результате — вовлечением в отработку современными методами бедных по содержанию, но богатых по запасам и крупных по объемам руды месторождений золота. Недостатки этих методов были связаны с невозможностью рентабельной отработки так называемых “упорных” углеродсодержащих золото-мышьяковых руд. Между тем в мировом балансе такие месторождения преимущественно прожилково-вкрапленных и вкрапленных руд в песчаниково-сланцевых углеродистых формациях (Сухой Лог, Наталкинское, Нежданинское в России; Мурунтау, Даугызтау в Узбекистане; Ашанти, Тебереби в Гане и др.) заключают значительную долю мировых запасов золота и платиноидов. Указанные месторождения представляют на сегодняшний день один из основных геолого-промышленных типов. Для извлечения золота и платиноидов из таких руд в настоящее время используются технологии автоклавирования и биовыщелачивания, в результате которых происходит окисление сульфидов, что приводит к “освобождению” благородных металлов, после чего используются обычные технологии извлечения благородных металлов. Сегодня в мире действует около десяти предприятий по извлечению благородных металлов этими методами: в Канаде, Индонезии, США, Бразилии, Австралии. В России эти мето-

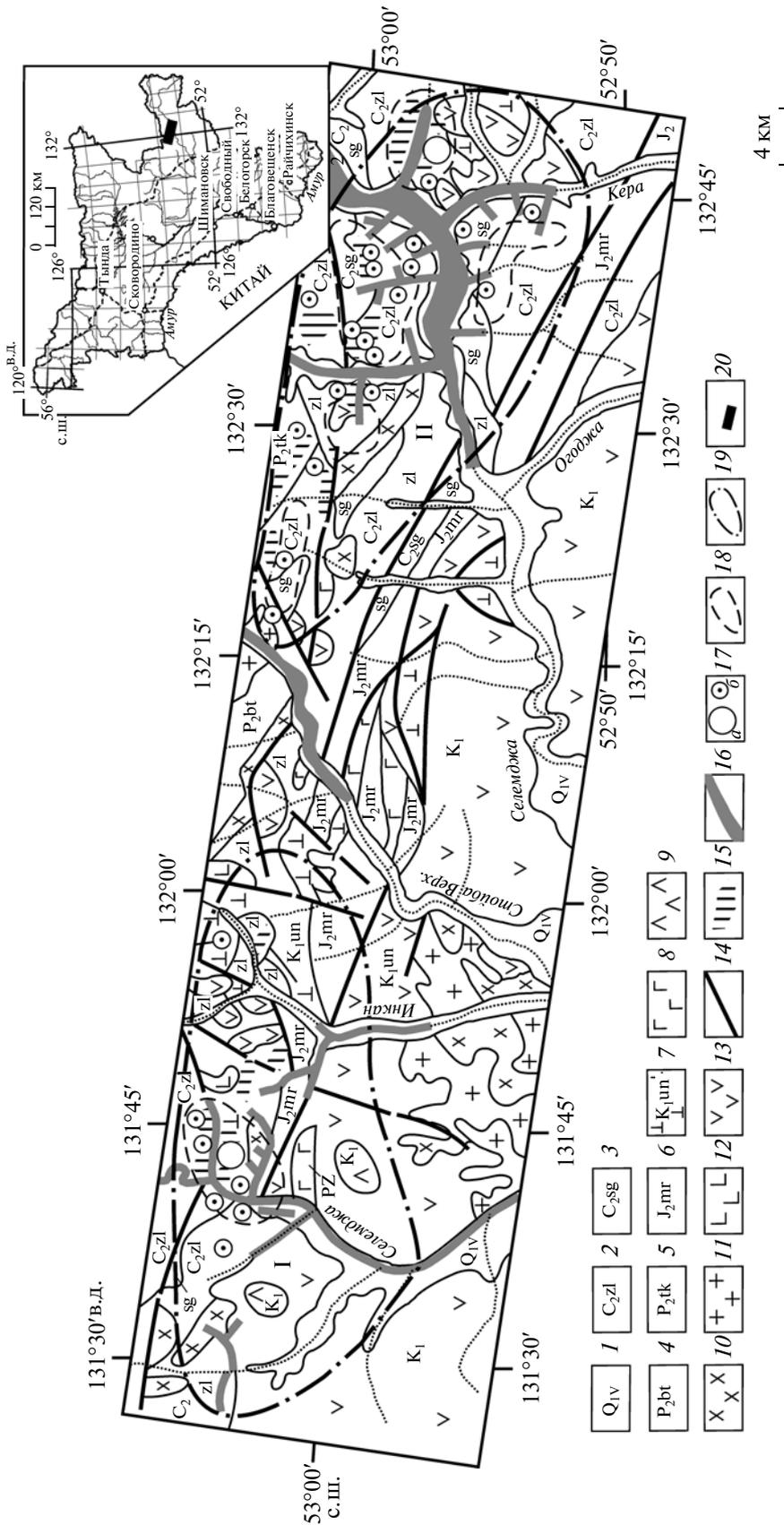
ды являются пионерными. На наш взгляд, объектами отработки подобными методами в Верхнем Приамурье могут быть многие рудные объекты Верхне-Селемджинской минерагенической зоны.

В минерагеническом отношении Маломырский и Сагур-Семертакский рудные узлы входят в состав Приамурской золоторудной провинции [2], характеризующейся сложным геологическим строением, предопределившим формирование разнообразного комплекса полезных ископаемых. В пределах провинции выделяются Северо-Становая, Чапско-Майская, Желтулакская, Янкано-Тукурингская, Верхне-Селемджинская, Северо-Бурейнская, Чагоян-Быссинская, Туранская, Восточно-Бурейнская минерагенические зоны [3]. Наиболее значительным потенциалом в пределах Приамурской золоторудной провинции обладает Верхне-Селемджинская минерагеническая зона, отвечающая площади развития палеозойских образований Токурской подзоны Селемджино-Кербинской зоны. Ее минерагенический потенциал определяет золото с резко подчиненным значением других полезных ископаемых (платиноиды, Ag, Mo, Cu, P, V и др.). В рамках данной работы рассмотрены Маломырский и Сагур-Семертакский рудные узлы Верхне-Селемджинской минерагенической зоны (рис. 1).

### МАЛОМЫРСКИЙ РУДНЫЙ УЗЕЛ

В геологическом отношении площадь рудного узла сложена сланцево-метаморфическим комплексом пород мынской и златоустовской свит среднепалеозойского возраста. Мынская свита (C<sub>1</sub>mn) представлена серицит-хлорит-кварцевыми, альбит-мусковит-кварцевыми, мусковит-альбит-кварцевыми, кварц-хлорит-серицитовыми сланцами, метаморфизованными дацитами, сланцами слюдисто-кварцевыми, кварцитами,

*Институт геологии и природопользования  
Дальневосточного отделения  
Российской Академии наук, Благовещенск  
ОАО “Амургеология”, Благовещенск*



**Рис. 1.** Маломырский и Сагур-Севертаковский рудные узлы. 1 – аллювиальные четвертичные отложения; 2 – златоустовская свита (серпигит-кварц-альбитовые сланцы, песчаники, метабазалты, фидилитизированные глинистые сланцы, известняки); 3 – сагурская свита (фидилитизированные глинистые сланцы, песчаники, кварц-серпигитовые, эпидот-актинолит-альбитовые сланцы); 4 – батурская толща (глинистые сланцы, аргиллиты, песчаники, дациты, туфы дацитов и андезитов с линзами яшмoids и известняков); 5 – токурская свита (песчаники, глинистые сланцы, алевролиты); 6 – моринская толща (алевролиты, песчаники, аргиллиты, гравелиты, конгломераты); 7 – унериканская толща (туфы, лавы и лавобрекчии андезитов, дацитов, риолитов, андезибазальтов, дациан-дезитов, туфоконгломераты, туфопесчаники, туфогравелиты, туфоалевролиты, седиментационные брекчии); 8 – метаморфизованные габбро и перидотиты; 9 – кварцевые диориты; 10 – гранодиориты; 11 – плагиограниты рассланцованные; 12 – габбро-диабазы, кварцевые диабазы; 13 – андезиты, андезибазальты, дациты; 14 – разломы; 15 – зоны минерализации; 16 – россыпи золота; 17 – месторождения благородных металлов (1 – Маломырское; 2 – Сагурское) (а); рудопроявления благородных металлов (б); 18 – литохимические ореолы золота; 19 – контуры рудных узлов (1 – Маломырский; 2 – Сагур-Севертаковский); 20 – положение площади Маломырского и Сагур-Севертаковского рудных узлов в Амурской области (врезка).

филлитизированными алевролитами и песчаниками, метаморфизованными базальтами и их туфами, мраморизованными известняками. Златоустовская свита ( $C_2z1$ ) сложена серицит-альбит-кварцевыми, серицит-кварц-альбитовыми, часто углеродсодержащими сланцами, мусковит-кварц-альбитовыми, мусковит-альбит-кварцевыми сланцами, рассланцованными песчаниками, хлорит-серицит-альбит-кварцевыми сланцами, метабазальтами, филлитизированными глинистыми сланцами, мраморизованными известняками. Плагииграниты слагают ряд небольших массивов и множество мелких пластовых тел, находящихся в полном структурном единстве с вмещающими их дислоцированными толщами сланцев мынской и златоустовской свит. Широко развиты дайки диорит-порфиритов, кварцевых диорит-порфиритов карауракского комплекса.

Основные объекты Маломырского рудного узла, перспективные на обнаружение крупнообъемного благороднометаллического оруденения — Маломырское, Кварцитовое месторождения, а также группа рудопроявлений и пунктов минерализации.

Маломырское месторождение относится к так называемому “сухоложскому типу” прожилково-вкрапленных руд золото-сульфидно-кварцевой (малосульфидной) формации, развитой в черносланцевых толщах. Основные рудные тела сосредоточены в зоне “Диагональной” мощностью 160–250 м, прослеживающейся по простиранию на 4200 м, по падению — до глубины 400 м. Зона приурочена к крупному надвику северо-восточного простирания. В ней распространены интенсивно рассланцованные и брекчированные тонкополосчатые метапелитовые, метакремнистые, зеленые апокарбонатные сланцы, зеленокаменные породы. В рудных телах установлены С, S, As. Рудные минералы (1–10%): пирит, арсенопирит, реже галенит, сфалерит, вольфрамит, шеелит, блеклые руды, гематит, магнетит, халькопирит, ильменит, рутил, марказит, станнин, касситерит, акантит, золото, молибденит. Золотины размером 0.003–0.07 мм, комковидные, пластинчатые, друзовидные. Цвет золотисто-желтый с зеленоватым оттенком, проба 781–880. Среднее содержание золота 4 г/т. Содержание платиноидов по данным штучного опробования (г/т): Pt 0.5–10, Pd 0.2–7.1 [4]. Зона окисления на месторождении развита не повсеместно до глубины 10–15 м.

Кварцитовое месторождение расположено на правом берегу руч. Маломыр, в 2 км северо-западнее Маломырского месторождения. Район месторождения сложен мусковит-хлорит-альбит-кварцевыми, альбит-мусковит-кварцевыми и зелеными сланцами мынской свиты. Сланцы прорваны мелкими субсогласными телами метаморфизованных плагиигранитов златоустовского комплекса. Широко проявлены дайки диоритовых порфиритов карауракского комплекса. Их мощ-

ность от первых десятков сантиметров до первых метров, протяженность от десятков до сотен метров, северо-восточного простирания с крутым ( $70^\circ$ – $90^\circ$ ) падением на северо-запад. Золотое оруденение представлено прожилково-вкрапленными зонами кварцевых, серицит-кварцевых метасоматитов с вкрапленностью сульфидов не более 5% (пирит, арсенопирит, галенит, халькопирит, сфалерит, пирротин). Форма рудных тел гнездо-, столбобразная, линзовидная. Протяженность от первых десятков до 200–400 м, мощность до 3.5–18.7 м. Содержание золота в рудах достигает 16, в среднем 1–3 г/т. Вместе с золотом в рудах месторождения в среднем содержатся, г/т: Ag – 4.5, W – 150, Cu – 44, Pb – 35, As – 2150, Sb – 3, Sn – 5, Mo – 2.5, Co – 3, Pt – 1.7, Pd – 0.56.

### САГУР-СЕМЕРТАКСКИЙ РУДНЫЙ УЗЕЛ

Рудный узел приурочен к северо-восточному крылу антиклинальной структуры, сложенному породами сагурской свиты, согласно перекрывающимися на смежных территориях образования златоустовской свиты. *Сагурская свита* сложена филлитизированными глинистыми сланцами, иногда углеродсодержащими, рассланцованными песчаниками, кварц-серицитовыми и эпидот-актинолит-альбитовыми сланцами. *Златоустовская свита* сложена кварц-серицитовыми, часто углеродсодержащими эпидот-актинолитовыми, кварц-эпидот-хлоритовыми, хлорит-актинолит-альбитовыми, мусковит-кварц-альбитовыми сланцами, рассланцованными песчаниками, филлитизированными глинистыми сланцами, мраморизованными известняками. Интрузивные породы представлены дайками среднего состава унериканского и карауракского комплексов в виде полого- и крутопадающих тел. Они имеют в основном субширотное, реже северо-западное и северо-восточное простирания и мощность от нескольких сантиметров до 25, редко 125 м. Средняя протяженность даек 100–150 м, иногда до 5 км.

Основной объект Сагур-Семертакского рудного узла — Сагурское месторождение, а также 11 рудопроявлений и два пункта минерализации, перспективных на обнаружение крупнообъемного благороднометаллического оруденения.

Сагурское месторождение приурочено к северо-восточному крылу антиклинальной структуры, сложенному кварц-слюдистыми сланцами сагурской свиты, перекрывающимися углеродсодержащими образованиями златоустовской свиты. Рудные тела представлены кварцевыми жилами, часто переходящими при выклинивании в зоны окварцевания, и минерализованными зонами, сменяющимися по простиранию тектоническими трещинами. Залегание жил обычно согласное с вмещающими породами, падение северо-восточное под углами  $30^\circ$ – $60^\circ$ . Встречаются также

секущие тела с падением на северо-запад ( $\angle 37^\circ - 70^\circ$ ). Протяженность рудных тел 30–240 м, средняя мощность 0.4–3.2 м. Содержание Au в среднем по рудным телам 0.3–35.2 г/т. Установлено 68 рудных тел, сгруппированных в 18 рудных зон протяженностью 0.2–2.7 км и мощностью 10–100 м. Средние содержания Au в зонах до 13.5 г/т. Рудные тела сложены кварцем, карбонатами, серицитом, адуляром. В них содержится 1–3% рудных минералов, представленных в основном арсенопиритом, пиритом. Реже встречаются пирротин, галенит, халькопирит, сфалерит, скородит, церуссит, золото, крайне редко отмечается самородное серебро. Форма золотинок неправильно ветвистая, размер 0.01–0.4, редко до 3 мм. Проба 688–857. На месторождении развита зона окисления мощностью около 10 м. Эрозионный срез его оценивается как верхнерудный. Атомно-абсорбционным анализом в кварцевых жилах с вкрапленностью арсенопирита установлены: Pt 2.62, Pd 0.42 г/т; в альбитизированных метасоматитах с пиритом – Pt 1.11, Pd – 0.44 г/т. Самородное золото из жилы “Сагурской” содержит Pt 10 г/т.

#### КРУПНООБЪЕМНОЕ БЛАГОРОДНОМЕТАЛЛЬНОЕ ОРУДЕНЕНИЕ ВЕРХНЕ-СЕЛЕМДЖИНСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

В качестве крупнообъемного оруденения Верхне-Селемджинской минерагенической зоны рассматривается благороднометалльная минерализация прожилково-вкрапленного типа, объединяющая в себе три морфологических типа рудных тел: кварцевые жилы и прожилки, зоны метасоматического изменения пород и минерализованные зоны дробления.

Кварцевые жилы и прожилки характеризуются высокими содержаниями благородных металлов при небольших размерах рудных тел. Мощность жил обычно составляет десятки сантиметров, в раздувах достигает первых метров. Жилы часто группируются в жильные зоны, приуроченные к трещинам скола и отрыва, оперяющим крупные разломы. Мощность жильных зон составляет десятки метров, протяженность достигает первых километров. Большая часть известных жил и жильных зон залегает субсогласно со слоистостью и сланцеватостью вмещающих пород. Жилы сложены кварцем с незначительными количествами адуляра, карбонатов, серицита, хлорита. Из рудных минералов в составе жил преобладают арсенопирит, пирит, реже встречаются сфалерит, галенит, золото, халькопирит, шеелит. Текстуры жил массивные, полосчатые, брекчиевидные, друзовые. Структуры равномернозернистые, брекчиевые, гранобластовые, гребенчатые. Вмещающие породы в зальбандах жил окварцованы, сульфидизированы, альбити-

зированы, адуляризированы, часто наблюдаются зонки брекчий. Мощность зон измененных пород не превышает 1 м. Самородное золото встречается в свободном состоянии, незначительная его часть связана с сульфидами.

Метасоматически измененные породы включают в себя окварцованные, сульфидизированные, альбитизированные, карбонизированные сланцы различного состава. Эти образования сопровождают кварцевые жилы или образуют самостоятельные тела. Характеризуются наличием частой сети тонких кварцевых прожилков, инъецирующих породу в различных направлениях, хотя преобладают согласные со сланцеватостью прожилки. В последнем случае зоны измененных пород имеют полосчатый облик. Преобладают тончайшие и тонкие прожилки с максимальной мощностью не более 2–3 см. Участки сланцев между прожилками сохраняют первичную текстуру или переходят в плотные породы вследствие метасоматического замещения их кварцем. В большинстве случаев прожилки импрегнированы сульфидами и инъецированы тонкими прожилками кварца.

Минерализованные зоны дробления представляют собой мощные зоны дробления и трещиноватости, в пределах которых интенсивно проявлены гидротермально-метасоматические изменения пород, сопровождавшиеся рудной минерализацией. Зоны приурочены к довольно крупным разрывным нарушениям с различными углами погружения плоскостей сместителей. Протяженность минерализованных зон дробления составляет, как правило, первые километры, ширина достигает сотен метров. Развивающиеся в пределах зон дробления минерализованные брекчии представлены обломками гидротермально-метасоматически проработанных пород; обломки сцементированы кварцем. В них достаточно широко развиты более поздние прожилки кварца мощностью до первых сантиметров, по составу аналогичные жилам. Для метасоматически измененных пород и минерализованных зон дробления характерно мелкое золото, в основном связанное с сульфидными минералами.

В результате проведения геологического доизучения масштаба 1:200000 было установлено, что перспективные на выявление крупнообъемного благороднометалльного оруденения участки в пределах характеризуемого района достаточно четко фиксируются зонами окварцованных, альбитизированных и в различной степени сульфидизированных пород. Возникновение этих пород напрямую связано с процессами динамотермального метаморфизма и метасоматоза, активно проявившихся на площади Верхне-Селемджинской металлогенической зоны.

Основную роль в формировании метасоматитов и локализованного в них благороднометаль-

ного оруденения сыграл метаморфизм, процессы которого привели к мобилизации и перераспределению золота изначально обогащенных им образований златоустовской свиты. Неравномерность проявления метаморфизма в плане и разрезе обусловлена пестротой состава златоустовской свиты и неравномерной степенью метасоматической дислокационной переработки слагающих свиту разновидностей пород. Несомненно важную роль в локализации рудоносных метасоматитов сыграли и структурные факторы, наиболее важными из которых являются зоны интенсивной тектонической переработки пород и наличие положительных складчатых форм.

Метаморфизм сопровождался метасоматической деятельностью, которая привела к формированию своеобразного комплекса пород. Среди них отмечены окварцованные, сульфидизированные, карбонатизированные, альбитизированные сланцы. На незначительных по размерам участках отмечаются полнопроявленные альбититы и кварц-альбитовые метасоматиты. Минеральный состав метасоматитов напрямую зависит от состава субстрата. Метасоматически измененные осадочные породы кварц-полевошпатового состава представлены кварц-альбит-серицитовыми и мусковитом метасоматитами. По субпластовым телам гранитоидов златоустовского комплекса развиты альбитовые и кварц-альбитовые метасоматиты. Метаморфизованные базальты превращаются в образования с повышенными содержаниями магнезиально-железистых и известковых карбонатов, актинолита, серпентина. Наиболее благоприятны для рудолокализации разновидности метасоматитов, содержащие зональные карбонатные и кварц-карбонатные прожилки, сульфиды (пирит, арсенопирит, халькопирит, галенит и др.), шеелит, фуксит [4].

Со становлением караурацкого интрузивного комплекса связано формирование окварцованных, сульфидизированных и пропилитизированных пород. В них локализовано наиболее интересное в промышленном отношении золото-платиноидно-сульфидно-кварцевое оруденение жильного типа северо-восточнее характеризуемого района Токурского месторождения.

#### ГЕНЕЗИС БЛАГОРОДНОМЕТАЛЬНОГО ОРУДЕНЕНИЯ ВЕРХНЕ-СЕЛЕМДЖИНСКОЙ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Рудовмещающие осадки мынской, златоустовской и сагурской свит сформировались в раннем—среднем карбоне и характеризуются повышенной углеродистостью. Формирование этих пород происходило в условиях рифтинга при активном взаимодействии блоков с континентальной и океанической корами. Об этом свидетельствует присутствие в разрезе мынской свиты вулканитов двух типов:

известково-щелочных дацитов, их туфов и базальтов толеитового состава. Выше по разрезу залегают более глубоководные океанические образования златоустовской свиты, накопление которых сопровождалось подводным вулканизмом толеитового состава. По химическому составу базальты имеют большое сходство с метабазами златоустовского интрузивного комплекса. Подобные излияния сопровождалось, по-видимому, фумарольно-гидротермальной деятельностью с рудной минерализацией. В результате был сформирован комплекс пород с рассеянной благороднометальной минерализацией в породах златоустовской и в меньшей мере сагурской свит.

В средней юре в районе произошло полное закрытие Монголо-Охотского палеоокеана и проявление динамотермального метаморфизма в зоне Южно-Тукурингского разлома. Процессы сжатия сопровождалось сдвиго-надвиговыми перемещениями блоков по системам субширотных разломов на значительные расстояния. С метаморфизмом этого этапа связано перераспределение благородных металлов в углеродсодержащих породах с формированием метаморфогенно-гидротермального оруденения (Маломырское месторождение). Становление комплекса полезных ископаемых, территории и основные закономерности их размещения определяются многоэтапностью геологического развития региона. Отдельным его этапам отвечают определенные минерагенические эпохи (МЭ) — палеозойская, мезозойская, кайнозойская.

В палеозойскую МЭ происходило образование комплекса полезных ископаемых, характерных в целом для начальных этапов развития подвижных поясов. С этой эпохой связано формирование рассеянной золото-платина-сульфидной минерализации, сопровождаемой мышьяком и вольфрамом, в образованиях зеленосланцево-песчаниково-алевролитовой углеродсодержащей формации (златоустовская, сагурская свиты).

Мезозойская МЭ являлась наиболее важной и продуктивной. В юрскую стадию сформировалось золотое (с попутными платиноидами, вольфрамом, мышьяком) оруденение золото-сульфидно-кварцевой малосульфидной формации метаморфогенного типа, связанное с регенерацией и перераспределением рассеянных концентраций металлов в породах златоустовской и, возможно, мынской, сагурской свит. В это время были сформированы Маломырское, Сагурское месторождения, ряд проявлений и пунктов минерализации, выражающиеся литохимическими ореолами благородных металлов, мышьяка, вольфрама и др., шликоточками, ореолами золота и шеелита.

С формированием субвулканических фаций унериканского комплекса связывается становление полиметаллического оруденения и золото-рудной минерализации. Благороднометальная

минерализация стадии представлена Кварцитовым месторождением золото-кварцевой с серебром формации. Этот тип оруденения проявляется литохимическими ореолами рассеяния серебра. При формировании оруденения, связываемого со становлением унериканского комплекса, основная роль принадлежала, по-видимому, регенерации рассеянной минерализации палеозойской МЭ. Таким образом, можно предположить проявленность в пределах характеризуемого района двух этапов (стадий) регенерации рассеянной благороднометалльной минерализации в отложениях златоустовской и сагурской свит.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования показывают, что по своим основным геологическим и минералого-геохимическим характеристикам благороднометалльное оруденение в минерализованных зонах Маломырского и Сагур-Семертакского рудных узлов близко многим крупным рудным районам мира (крупнообъемные месторождения Грасберг в Индонезии, Мурунтау в Узбекистане, Форт-Нокс на Аляске и др., где разработка ведется открытым способом при содержании золота 0.5–2 г/т и при годовой мощности добычи руды в 10–60 млн т, Северо-Востока России (Наталкинское с запасами более 1000 т и содержании золота 1.5–2.5 г/т, Дегдеканский и др.), а также по близкому возрастному и вещественному составу вмещающих пород, близким свойствам и составу самородного рудного и россыпного золота и набору минералов-спутников.

Анализ деятельности ведущих горнодобывающих компаний ЮАР, США, Канады свидетельствует о том, что именно такие проекты обеспечивают в наше время основные объемы добычи благородных металлов. Россия, длительное время ориентировавшаяся на разработку россыпных месторождений и небольших по масштабам жильных и жильно-прожилковых месторождений с высокими концентрациями благородных

металлов, пока только приступает к освоению такого рода объектов. Следовательно, в пределах рассматриваемых рудных узлов возможно ожидать обнаружение крупнообъемного благороднометалльного оруденения с убогосульфидными рудами, свободным золотом и содержаниями золота и платиноидов, рентабельными при отработке в рудных столбах. На территории узлов широко распространены все признаки крупнообъемного благороднометалльного оруденения: многочисленные зоны минерализованных пород, пронизанных сетью кварцевых жил, участки брекчирования, разноориентированные кварцевые прожилки разной густоты с участками массивного окварцевания и сульфидизации и внешне безрудными участками.

Установлено, что для большинства детально изученных рудных тел месторождений отмечена четкая вертикальная структурно-морфологическая зональность: на верхних горизонтах месторождений зоны прожилково-вкрапленной минерализации содержат мощные (до 1–2 м) кварцевые жилы, а глубже рудные тела практически нацело представлены штокверком тонких, в том числе микроскопических, кварцевых прожилков, зонами брекчирования, окварцевания и тонкой сульфидной (в основном арсенипирит, пирит, пирротин, халькопирит) вкрапленностью.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Константинов М.М.* // Руды и металлы. 1995. № 2. С. 18–26.
2. *Константинов М.М.* Золоторудные месторождения России. М.: Акварель, 2010. 350 с.
3. *Степанов В.А., Мельников А.В., Вах А.С. и др.* Приамурская золотоносная провинция. Благовещенск: АмГУ, 2008. 200 с.
4. *Буряк В.А., Пересторонин А.Е.* Маломыр – первое крупное золоторудное месторождение сухоложского типа в Приамурье (геология рудного поля и месторождения, перспективы, проблемы освоения). Благовещенск; Хабаровск: ИКАРП ДВО РАН; КПр Амур. области; НП-Центр, 2000. 47 с.